

DOI:

张春晖 张震.国家电网泛在电力物联网电表技术研究 [J].****, ****, **, (**): 00-00

ZHANG Chunhui ZHANG Zhen.Research on the ubiquitous power Internet of things meter technology of the State Grid [J].
****, ****, **, (**): 00-00

国家电网泛在电力物联网电表技术研究

张春晖¹ 张震²

(1.国网山东省电力公司, 山东 济南 250001;2.华能济南黄台发电有限公司, 山东 济南 250100)

摘要: 主要讲述了国网智能电表的功能争议及其在泛在电力物联网建设中的重要性。国网智能电表目前只具备初级互动功能, 而要实现泛在电力物联网的“泛在连接”和“全息感知”, 需要智能电表具备高级互动功能。因此, 加快开发智能电表的“智能”功能正当时, 这是推进泛在电力物联网建设的必要选择。同时, 文章也指出了智能电表作为唯一作为双向电力流贸易结算的法制计量器具, 具有量大、分布广、与用户和其他设备距离相近等优势, 是泛在连接和全息感知的最佳节点。因此, 加快开发智能电表的“智能”功能是推进泛在电力物联网双向电力流贸易结算计量“泛在连接”、“全息感知”要求落地的唯一选项。

关键词: 电力物联网 智能电表 泛在连接

中图分类号: TM933.4 文献标识码: 文章编号:

Research on the ubiquitous power Internet of things meter technology of the State Grid

ZHANG Chunhui¹ ZHANG Zhen²

(1.State Grid Shandong Electric Power Company,Jinan, Shandong 2500001, China;2.Huaneng Jinan Huangtai Power Generation Co., Ltd., Jinan, shandong 250100, China)

Abstract: mainly describes the functional controversy of the State Grid smart meter and its importance in the construction of ubiquitous power Internet of Things. At present, the State Grid smart meter only has the primary interactive function, and in order to realize the "ubiquitous connection" and "holographic perception" of the ubiquitous power Internet of Things, the smart meter needs to have advanced interactive functions. Therefore, it is time to accelerate the development of the "smart" function of smart meters, which is a necessary choice to promote the construction of ubiquitous power Internet of Things. At the same time, the paper also points out that smart meters, as the only legal measuring instruments used as two-way power flow trade settlement, have the advantages of large volume, wide distribution, and close distance from users and other devices, and are the best nodes for ubiquitous connection and holographic perception. Therefore, accelerating the development of the "smart" function of smart meters is the only option to promote the implementation of the "ubiquitous connection" and "holographic perception" requirements of bidirectional power flow trade settlement metering of the ubiquitous power Internet of Things.

Key words: Power Internet of Things Smart meters Ubiquitous connectivity

收稿日期: 修回日期:

基金项目:

作者简介: 张春晖 男 (1938-) 从事电能计量技术研究

通信作者: 张震 男 (1977-) 从事电能计量技术研究 721047546@qq.com

0 引言

国际上,AMI的智能电表都设计有“智能”功能,即高级互动功能,就是表计可以与用户的设备进行连接、双向通信,实现配电网与用户之间由双向互动引起双向电力流贸易结算的计量功能,还具有水表、气表计量数据采集、传输功能。智能电表的“智能”/高级互动功能设计水准,反映表计与用户设备的连接及双向通信的能力。

自2019年1月以来,国内,对国网“泛在电力物联网”这个热点的讨论,网上的文/讯频发。但是,尚未见到作为泛在电力物联网基础的“泛在连接”、“全息感知”如何落地的报道。

国网《泛在电力物联网建设大纲》提出:需加快泛在电力物联网建设,在现有基础上,将电力用户及其设备、电网企业及其设备、发电企业及其设备、供应商及其设备,以及人和物连接起来,产生共享数据。

本文作者认为:国网泛在电力物联网要实现如此广域、海量设备的泛在连接,智能电表是最适合作为面向用户、各行各业设备进行双向电力流贸易结算计量“泛在连接”的节点。这是因为:智能电表是唯一作为双向电力流贸易结算的法制计量器具。目前,国网系统接入智能电表约4.7亿只,占国网系统接入终端设备总量的90%。智能电表量多、分布,与用户、电网企业、发电企业、供应商的设备都距离相近,自然方便地进行“泛在连接”、“全息感知”。同时,这些全息感知信息的上传通信系统是现成的,可以节省远程通信再投资。

但是,现行的国网智能电表只冠以“智能”名称,实际只具有初级互动功能,即初级智能功能,主要有双向电能计量及电网量测自动化功能、配电网与用户之间用电信息的基础交互功能,尚没有面向配电网与用户的高级互动/“智能”功能,就是说暂不具备与用户、各行各业设备进行泛在连接、双向通信的条件。估计:这是在2009版国网智能电表企业系列标准制订时,对智能电表高级互动/“智能”功能的定位有争议,最终导致与国际智能电表发展的技术路线不同,国网智能电表设计出现高级互动/“智能”功能的缺失。因此,当下,建议国网立项:加快开发智能电表“智能”功能,是推进泛在电力物联网双向电力流贸易结算计量“泛在连接”、“全息感知”要求落地的唯一选项。

这里需要说明:泛在电力物联网的综合能源服

务、用电增值服务、新业态产业、智慧城市等非电力贸易结算的新业务,需通过移动物联网(NB-IOT)等通信方式,进行泛在连接、信息交互、交易及相关经费的处理。

1、为何说:加快开发国网智能电表“智能”功能正当时?

从2009年起,国网对如何实现配电网与用户之间由双向互动引起双向电力流贸易结算计量的高级互动/“智能”功能,存在两个不同技术方案的争议,详见:2013年10月,中国电科院学者:《灵活互动智能用电的技术架构探讨》(以下简称“文[A]”)。至今,该争议的结果尚不明朗。

(1) 智能用电高级互动业务内容

文[A]说明:智能用电的互动业务,可以分为信息互动服务、营销互动服务、电能量交互服务和用能互动服务4类。其中:

1) 信息互动服务是基础服务:(略)

2) 营业互动服务属于基础专业服务:(略)

3) 电能量交互服务属于高级专业服务,是指为客户侧分布式电源、储存装置、电动汽车等提供便捷的接入服务,实现包括双向计量计费、保护控制、智能调配在内的服务功能,支撑电能量的友好交互。

4) 用能互动服务属于高级专业服务,包括用户用能设备管理与控制、用能诊断与优化策略、自动需求响应等业务,为优化用户用能模式、实现供需优化平衡提供技术手段。

(2) 由高级互动业务实施技术方案引发的争议

1) 文[A]指出:智能电表是否直接支持各类互动业务,在这个问题上,国内还未形成统一认识。学术领域讨论的智能电表,一般是直接承载各类互动业务;还有一种观点,在目前已经开展的智能用电实践中普遍采用的,即从信息安全、投资成本等角度出发,将智能电表定位为用户用电基础信息的采集设备;其它高级互动功能,则有另外的终端设备(如智能用电交互终端等)来承载。

—智能电表主要功能:(略),是基于不承载具体智能用电互动业务。

—智能交互终端的功能,目前还未形成统一认识。一般来说,智能交互终端可以集成以下功能:信息查询功能,信息发布功能,营销服务功能,用能管理功能,用户内部设备管理与控制功能,分布

式电源接入、电动汽车充放电管理功能，增值服务功能。

2) 本文点评

—文[A]明确：

·智能电表：只作用电基础信息的采集设备。

·智能用电交互终端：主要从事信息互动服务、营销互动服务这些基础类的互动服务功能及高级互动服务中的管理功能。

—对于高级互动业务的电能量交互服务、用能互动服务引起双向电力流贸易结算计量功能如何实现，文[A]未予说明。反过来说，由智能用电交互终端承载智能用电高级互动业务、进行配电网与用户之间双向电力流贸易结算计量的技术路线是不现实、走不通。

—由此可以看出：至今，国网对配电网与用户之间的双向电流贸易结算计量的高级互动/“智能”功能如何实现，还是悬而未决的议题。

(3) 当下，国网推进泛在电力物联网建设是最重要、最紧迫的任务。本文提出：国网需先期解决“泛在连接”、“全息感知”如何落地的问题，正如本文前言中已经叙述：智能电表最适合作为面向用户、各行各业设备进行双向电力流贸易结算计量与水表、气表计量泛在连接的节点。只需不多的投资，为智能电表配置具有“智能”/高级互动功能的通信模块，就可以实现表计与用户、各行各业设备的泛在连接、双向通信。可以说，加快推进智能电表“智能”功能开发正当时！

2、 国网智能电表“智能”功能的开发思路

(1) 国际上，智能电表“智能”功能设计技术

1) 2009年，杭州海兴公司发布：国际上《智能电表应用与发展趋势》报告指出：

目前，在澳洲、美国、北欧、荷兰、法电EDF、南非ESKOM等国家及地区电力公司对智能电表的标准定义虽不尽相同，但共同点之一：智能电表需作为通信网关、数据网关应用。

作为通信网关，上行数据通信，本地数据通信，与水表、气表数据通信，与家庭智能显示单元(IHD)或客户信息交互单元(CIU)数据通信，与家庭的第二回路继电器控制设备的通信。

作为数据网关，支持大容量数据存储，充分考虑水、电、气消费的历史数据。

2) 2009年，报讯：GE 中国有限公司“构建先进计量系统，推动电网智能化”

现在，很多智能电表都从多功能表改进而来，这种模式不适应实时性强、信息量大的智能电网要求。GE智能电表增加两大特征：

—双向通信功能，即电网不仅能从电表收集用电信息，更能将电网信息（如实时电价）及控制命令下达给电表，电表接收并作出“智能”响应。双向通信还包括与智能家电、其他表计的信息传递与控制命令。

—拥有基于标准的、开放的内置高级智能程序。只要接收到的信息符合预先设置的逻辑，就能自主作出判断和响应，无需等待主站再次发出指令。该程序可以实行远程修改“政策”，进行软件升级、维护。GE高级应用程序提供多种格式的交换数据信息，方便与上级软件平台集成，拥有更多智能功能。

3) 2013年，德国：“智能电表测量系统的智能化核心：智能电表网关”

德国信息安全局(BSI)受德国经济能源部委托，制定了全新的智能电表测量系统技术规范，提出以智能电表网关为中心，基于先进双向通信网络，连接测量仪器网络，广域电力市场和需求侧并实现其互动的智能测量系统，简称IMsys。在这个架构中，电表（以及水表、气表等）只是负责采集数据的测量传感器，而智能电表网关才是系统智能化的核心，是连接来自不同区域参与者的关键功能模块。

德国智能电表测量系统是“工业4.0”的智能探索。

(2) 对国网智能电表“智能”功能的设计要求

由前面的叙述，经汇总可以得出：智能电表的“智能”功能，就是满足双向电力流贸易计量信息与水表、气表计量数据所需的双向通信基本功能，双向通信能力反应智能电表的“智能”程度。

1) 通信网关功能，电表对接收信息做出“智能”反应，还与智能家电、水表、气表信息的传递，与控制电力设备的通信，那是多通信方式集合，需要具有不同通信网络之间协议转换能力。

2) 高级“智能”应用程序。智能电表能自主、实时对双向信息作出判断和响应，如何决策才是核心。由此，要求配置高级算法、软件，具有高速计算、处理的能力。

3) 大容量数据存储、交换。智能电表担负起智能配电网与用户之间双向交流、互动功能，配置海量数据存储器是基本措施。

国际上有一种描述，双向通信能力是智能电表的灵魂。本文认为：将通信网关、高级“智能”应用程序和大容量数据存储、交换作为智能电表双向通信基本功能。再标定它们的指标/性能，就是双向通信能力，可以衡量智能电表的“智能”程度。

双向通信能力的指标/性能，如接入通信方式，数据/信息流种类、流向，带宽和传输速率，流量，数据存储容量、对等协议，计算处理速度，不同网络协议转换能力，软件方面：应用便捷、显示直观、稳定性、可修改性、可重用性、具有较长的生命周期等，需要进行后续的讨论、论证、修正。

3、 国网：泛在电力物联网的“泛在连接”、“全息感知”如何落地？

“泛在连接”、“全息感知”是国网泛在电力物联网的基础。

（1）通过国网智能电表双向通信及网关，实现设备“泛在连接”、“全息感知”技术路线

前面已经提到，国网《泛在电力物联网建设大纲》要求：在现有基础上，电力用户及其设备、电网企业及其设备、发电企业及其设备、供应商及其设备，以及人和物连接起来，产生共享数据。

这些设备如何进行“泛在连接”、“全息感知”，其初步实施方案将在下面叙说。

这些共享数据的类别，目前，能源的用户侧：主要有双向电能量（二次能源）、电网运行监测量、用气量（一次能源）、用水量、用热量（二次能源），还有，配电网的供电量。上述共享数据，通国网智能电表双向通信及网关转换成配电网与用户之间的双向电力流贸易结算计量数据、向能源行业输出气表、水表计量信息。电网应用方面，对内重点是绩效提升，对外重点是融通发展。

能源计量是广阔的领域。2017年，我国能源生产结构总量为35.9亿吨标准煤。其中，原煤占标准煤总量的68.6%，原油占7.6%，天然气占5.5%，水电、核电、用电等占18.3%。

可见，随着全国能源互联网建设的推进，国网泛在电力物联网的“泛在连接”、“全息感知”范围需要逐步扩展，将有更多的设备需要经过“泛在连接”，产生新的共享数据：能源的用户侧，还有用煤量（一次能源）、用石油量（一次能源）；能源的供方侧，供煤量（一次能源）、供石油量（一次能源）、供气量（一次能源）、发电用水量（一次能源）。这些新的共享数据设备，如何进行“泛在连接”、“全息

感知”，需视国网泛在电力物联网发展情况，再作专题讨论。

（2）“泛在连接”、“全息感知”实施关键问题

1) 用户、电网企业的计量点（即“泛在连接”的节点）

—电力用户、电网企业计量点分类

按照Q/GDW378.3---2009《电力用户用电信息采集系统设计导则 第三部分：技术方案设计导则》规定：电力用户、电网企业计量点分为6类：

·大型专变用户（A类）：容量在100kVA及以上的专变用户

·中小型专变用户（B类）：容量在100kVA以下的专变用户

·三相一般工商业用户（C类）：执行非居民电价的三相电力用户

·单相一般工商业用户（D类）：执行非居民电价的单相电力用户

·居民用户（E类）：执行居民电价的用户

·公用配变考核计量点（F5类）

·电网关口计量/考核点（F1---F4类）

—国网智能电表安装应用量

2018年，国网智能电表安装应用总量为4.7亿只。

其中：

·A类大型专变用户：国网智能电表约254万只

·B类中小型专变用户：587万只

·C类三相一般工商用户：2784万只

·D类单相一般工商用户：2138.5万只

·E类居民用户：40631.5万只

·F5类公配变考核表：600万只

·F1--F4类电网关口计量/考核表：5万只

2) 电力设备实现“泛在连接”、“全息感知”的作用、用途

—配电网与电力用户之间进行高级互动功能

·实现配电网与用户之间双向电力流贸易结算计量，电力用户有效参与配电网负荷调节、削峰填谷。

·低压配电网三相电力负荷平衡调节，降低低压电网线损，防止低压电力设备过负荷、发热。

·水表、气表计量数据采集、传输。

·未来的实时电价，分时电价多样化。

·未来的电力需求响应及电力需求侧管理。

·用户光伏、储能装置的并网监测与控制管理。

·居民家庭能源管理系统。

·由供电部门提出电力用户优化用电方案，包括大工业用户专变接入方案。

·未来的国网AMI系统应用与出口。

—对电网企业来说：

·配电网运行优化，提升运行指标质量，逐步实现配电网智能化运作。

·大幅降低配电网线损：推行同期线损计算管理，电力线路分段线损计算，分布式无功功率补偿等。

·实现低压电网停电故障主动上报、配电网主动抢修功能。

3) “泛在连接”、“全息感知”初步实施方案

—居民用户、一般工商用户电力设备的“一泛在连接”

·泛在连接的电力设备，需配置电压、电流传感器。

·这些电力设备感知信息的采集、功率计算、电能计量功能及用户水表、气表计量数据的采集、传输如何实施，有两个可选方案：

其一，由国网智能电表通过网关直接采集、传输这些电力设备的电压、电流感知信息，与用户水表、气表输出信息。再由智能电表计算出这些用户电力设备的功率、用电量。

其二，如国网智能电表计量功能不改动，可研发用户智能用电交互终端。

由用户智能用电交互终端进行这些用户电力设备的电压、电流信息采集、功率计算、电能计量功能，并采集水表、气表计量信息，再由国网智能电表通过网关与用户智能用电交互终端进行双向电力流贸易结算计量及水表、气表计量信息的互动功能。

—大型、中小型专变用户，办公建筑，商贸大厦电力设备的“泛在连接”

·用户内部最高电力负荷监测、控制、管理系统及智能用电交互终端

该系统用于“泛在连接”用户内全部供用电设备。这些电力设备大多耗电量多，一般配置专用电能表计量，可直接输出用电量数据。

该系统是需新研发项目，可由国网或电力用户与相关企业进行合作开发。

·再由国网智能电表通过双向通信及网关，与用户智能用电交互终端进行双向电力流贸易结算计量与水表、气表计量信息传输的交互功能。

—电网企业电力设备的“泛在连接”

·在低压电力线分支结点，需加装具有简单计算功能的分支线终端，并开发变、线、户关系算法。

·由软件定义的智能配变终端，就地进行边缘计

算，泛在连接低压电网全部电力设备，包括智能电表、配电箱、用户漏电保护器、分支线终端等。

4) “泛在连接”设备的数量及参与调节电网负荷容量的估算

—A类大型专变用户（约254万户）

·A类用户，按60%用户（152.4万户）的设备，参与调节电网负荷。

·A类用户，专变容量按5000kVA（15.2万户）、1000kVA（45.7万户）、100kVA（91.4万户）3个档次进行推算。

·A类用户，泛在连接的每台设备容量，约为5%专变容量（250kVA、50kVA、5kVA）；每户参与电网负荷调节的设备4台，共约占专变容量的20%；还连接用户的水表、气表。

·经推算，A类大型专变用户泛在连接的设备数量为914.4万台，参与调节电网负荷容量为2.62亿kVA，折算成调节电网有功负荷2.1亿kW。

—B类中小型专变用户（58.7万户）

·B类用户，按80%用户（352.2万户）的设备，参与调节电网负荷。

·B类用户的专变容量，按50kVA进行推算。

·B类用户，连接每台电力设备的容量，约为5%专变容量（2.5kVA）；每户参与调节电网负荷的设备6台，共约占专变容量的30%；还连接用户的水表、气表。

·经推算，B类中小型专变用户，泛在连接的设备数量为2817.6万台，参与调节电网负荷容量为0.528亿kVA，折算成调节电网有功负荷0.422亿kW。

—E类居民用户（40632万户）

·E类用户，按80%的城镇居民用户（1625.3万户）的设备，参与调节电网负荷。

·E类城镇居民用户，按每户设计用电容量8kW进行推算。

·连接每台设备的容量，按6%户设计容量（约0.5kVA）；每户参与调节电网负荷的设备6台，共约占户设计容量40%；还连接用户的水表、气表。

·经推算，E类城镇居民用户泛在连接设备的数量约13亿台；参与调节电网负荷容量为4.875亿kVA，折算成调节电网有功负荷3.9亿kW。

—C/D类三相/单相一般工商用户（2784万户/2139万户）

·C/D类用户，按80%用户（2227万户/1711万户）的设备，参与调节电网负荷。

·C/D类用户，按每户设计容量容量

35kVA/20kVA进行推算。

·C/D类用户，连接每台设备的容量按6%/5%户设计容量（约2kVA/1kVA）；每户参与调节电网负荷的设备6台，共约占户设计容量的35%/30%；，还连接用户的水表、气表。

·经推算，C/D类三相/单相一般工商用户泛在连接的设备约1.78亿台/1.71亿台；参与调节电网负荷容量为2.67亿kVA/1.03亿kVA，折算成调节电网有功负荷2.1kW/0.82kW。

—经有限制的初步推算，以上国网经营区的A、B、C、D、E类用户，由国网智能电表双向通信及网关，经泛在连接的设备总量16.86亿台，为国网智能电表运行总量的3.58倍；这些用户设备，可参与调节电网有功负荷约9.31亿kW，为2018年国网经营区最高用电负荷（8.1亿kW）的115%。

4、 结束语

作者建议国网立项：开发国网智能电表“智能”功能的目前应用技术；在此基础上，再推进国网智能配电网AMI系统建设

本文前面已叙述，开发国网智能电表“智能”功能，即双向通信及网关技术，增强与拓展国网泛在电力物联网落地的能力。这里，需深一步，在此基础上，再推进国网智能配电网AMI系统建设。

国际上，AMI就是高级量测体系，其目的是为了实现用户侧与电网调度侧的双向、互动的交流和控制。

2009---2017年，国网开发的用电信息采集系统，国际上，属于AMR范畴，即实现单方向通信、采集计量数据传输和部分配电管理功能。

2013年11月，国网工作会议提出：现代配电网建设、社会用电友好互动、研究双向互动智能电表的要求。

2014年，国网计量工作重点项目要求：加强电能表双向互动功能和新型通信技术研究与应用。

但是，国网的这些智能电表高级互动功能开发要求，以后，未见到相关开发成果的报道。

这次，2019年，随着国网泛在电力物联网建设，推进国网智能电表“智能”功能开发，实现配电网与用户之间进行高级互动功能，即双向电力流贸易结算计量与水表、气表计量数据传输功能，这与早期的国际上AMI功能基本上是一致的。

国际上，AMI技术在不断的发展。

2019年3月20日，网上报道：兰吉尔公司中标（日本）东京电力公司的智能电表及相关设备部署，安装智能电表总量超过2000万只。通过兰吉尔AMI的Grid stream Connect 平台，采用多种通信技术和Wi---SUN家庭能源管理系统通讯标准进行连接，展示未来公用事业物联网方案的发展战略。

由此可见，国网智能电表“智能”功能的开发，不仅适应国网泛在电力物联网建设的需要，在此基础上，再推进国网智能配电网AMI系统的发展，其国内应用及出口前景广阔。

参考文献

- [1] 张春晖 张震 《构建基于国网“泛在连接”智能电表的电力用户电力物联网》
- [2] 邓桂平;傅士冀;舒开旗;陈俊 高级量测体系探讨 《电测与仪表》-2010-07-15